



TITLE:

落葉広葉樹林内に樹下植栽されたスギの生長について

AUTHOR(S):

川那辺, 三郎; 四手井, 綱英

CITATION:

川那辺, 三郎 ...[et al]. 落葉広葉樹林内に樹下植栽されたスギの生長について. 京都大学農学部演習林報告 1971, 42: 117-127

ISSUE DATE:

1971-03-25

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/191492>

RIGHT:

落葉広葉樹林内に樹下植栽された スギの生長について

川 那 辺 三 郎 ・ 四 手 井 綱 英

Some Investigations on the Growth of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don)
underplanted in Deciduous Broadleaved Stands

Saburo KAWANABE and Tsunahide SHIDEI

| 目 | 次 |
|------------------|------------------|
| 要 旨..... | 117 |
| まえがき..... | 117 |
| 調査林分および調査方法..... | 118 |
| 結果および考察..... | 118 |
| | 上層木について |
| | スギについて |
| | 引用文献..... 126 |
| | Résumé 126 |

要 旨

森林の更新や林相の改良のために樹下植栽した樹木を成林させるには、上層木と樹下植栽した樹木の生長の関係をくわしく知って、上層木を適切にとりあつかうことが必要である。ここではミズナラを主とした天然更新による落葉広葉樹林内に直挿したスギの生長と上層木の関係をしらべた。

樹下植栽は1957～1958年に行なわれた。調査は1965年8月下旬に行なった。樹下植栽された翌年に上層木が全部枯殺された区のスギの生長と、上層木が残された区のスギの生長との比較検討を中心に考察をすすめた。

上層木のない区のスギの平均直径（地上 0.3 m）は 6.5 cm，樹高 4.3 m で，上層木の立木密度が高いほどスギの生長は悪い。上層木の胸高断面積合計約 26 m²/ha の区ではスギの平均直径（地上 0.3 m）は 1.3～1.5 cm，樹高 1.4～1.5 m であった。

スギの単位葉重量あたりの年間生長量は上層木が多いほど小さく，葉の能率が悪いことがわかった。この葉の能率と樹高には，かなり密な関係がみられた。

各プロットの植栽木（スギ）の平均個体の各部分量や年間生長量の推定値から，純同化率，葉重量比，生長率をしらべた。上層木の多い区の純同化率の値は上層木のない区の値の約 1/2 である。葉重量比は上層木の多い区の値が大であるが，この差は生育条件のちがいによるのか個体の大きさの差によるのか明らかではない。上層木の多い区の生長率は，上層木のない区の値の約 1/2 であった。

単位葉重量あたりの年間幹材積生長量は，上層木のない区で 1.01 m³/t・yr，上層木の多い区の値は上層木のない区の値の約 1/2 であった。

ま え が き

地形や気象条件等のために皆伐人工造林によって成林させることが困難な場所や，直挿による造林

のため、あるいは択伐林施業等のために、広葉樹や針葉樹の林内に苗木を植栽して林相の改良や更新を行なうことが試みられてきた¹⁾。このようにして樹下植栽した樹木を成林させるためには、上層木と樹下植栽木の生育の関係をくわしく知って、上層木の適切なとりあつかいを行なうことが必要である。

ここではミズナラを主とした天然更新による落葉広葉樹林をスギ林にかえるため、これらの落葉広葉樹の一部または全部を保護樹として残し、その下に直挿されたスギの生長をしらべた。本報告の一部は第77回日本林学会大会で報告した²⁾。

なお、本調査に御協力いただいた和歌山演習林職員各位に深謝致します。

調査林分および調査方法

調査林分は和歌山県有田郡清水町 京都大学和歌山演習林内の海拔高約 1000 m の尾根付近に位置した天然更新による落葉広葉樹林で、ミズナラを主としクリ等が混在している。これらの広葉樹を保護樹として残し、その下にスギが直挿された。植栽は1957～1958年に行なわれた。この樹下植栽地の一部は植栽の翌年に全部の上層木が巻枯しによって枯殺された。他は上層木の一部または全部が残されて今日に至っている。

調査は1965年8月下旬に行なった。調査区は樹下植栽された林分の、上層木の立木密度が異なった場所から4か所、上層木の全部が植栽の翌年に枯殺された場所から1か所を選んで合計5区をもうけた。1区の面積は $120 \text{ m}^2 (10 \times 12 \text{ m}) \sim 200 \text{ m}^2 (10 \times 20 \text{ m})$ である。

各区内の上層木の胸高直径、樹高、樹冠投影面積を測定した。樹下植栽されたスギは、各区内の全部について、地上 0.3 m の直径と樹高を測定した。地上 0.3 m の直径を測定したのは、プロット4、5のスギの樹高が胸高に達しないものや、わずかに胸高をこえるものが多いので胸高直径によって大きさを比較することが困難なためである。直径、樹高を測定したのち各区から直径階別に6～9本を伐倒して幹、枝、葉の重量を測定した。さらに幹を樹幹解析して材積や、材積生長量を測定した。各部の重量は、各部分の資料から得た絶乾率によって絶乾重量に換算して解析に用いた。

地床植物量を測定するため各プロット内に $1 \times 1 \text{ m}$ の区を2か所ずつもうけて、そのなかの地床植物を全部刈りとして重量を測定した。

スギの樹冠上の明るさは光電池照度計（東芝5号型）を2台用いて、調査区に近い裸地とスギの樹冠上の照度を同時に測定して相対照度であらわした。

結果および考察

上層木について

各プロットの上層木の測定結果を表1でしめた。プロット1はスギの植栽翌年に上層木の全部が巻枯しによって枯殺されたため、枯れた幹がわずかに残っているだけで、普通の皆伐人工造林地とほとんど変らない状態である。プロット2の上層木は胸高直径 18～37 cm で樹高約 15 m、本数が少なくプロット外部の樹木の樹冠の影響は少ない（図1）。プロット3は中央部に胸高直径約 20 cm のミズナラが散在し、プロットの片側に小径木が生立している。プロット4、5は中、小径木がほぼ均等に存在しており、プロットの周辺も似たような林相である。上層木の樹冠投影面積は立木がプロット外にあっても、その樹冠がプロット内に入るものはこれを加えた。また樹冠の重なるものはこれを重ねて加算した。

スギの樹冠上面（上層木の樹冠下）の明るさは相対照度であらわした（表1）。測定は1965年8月

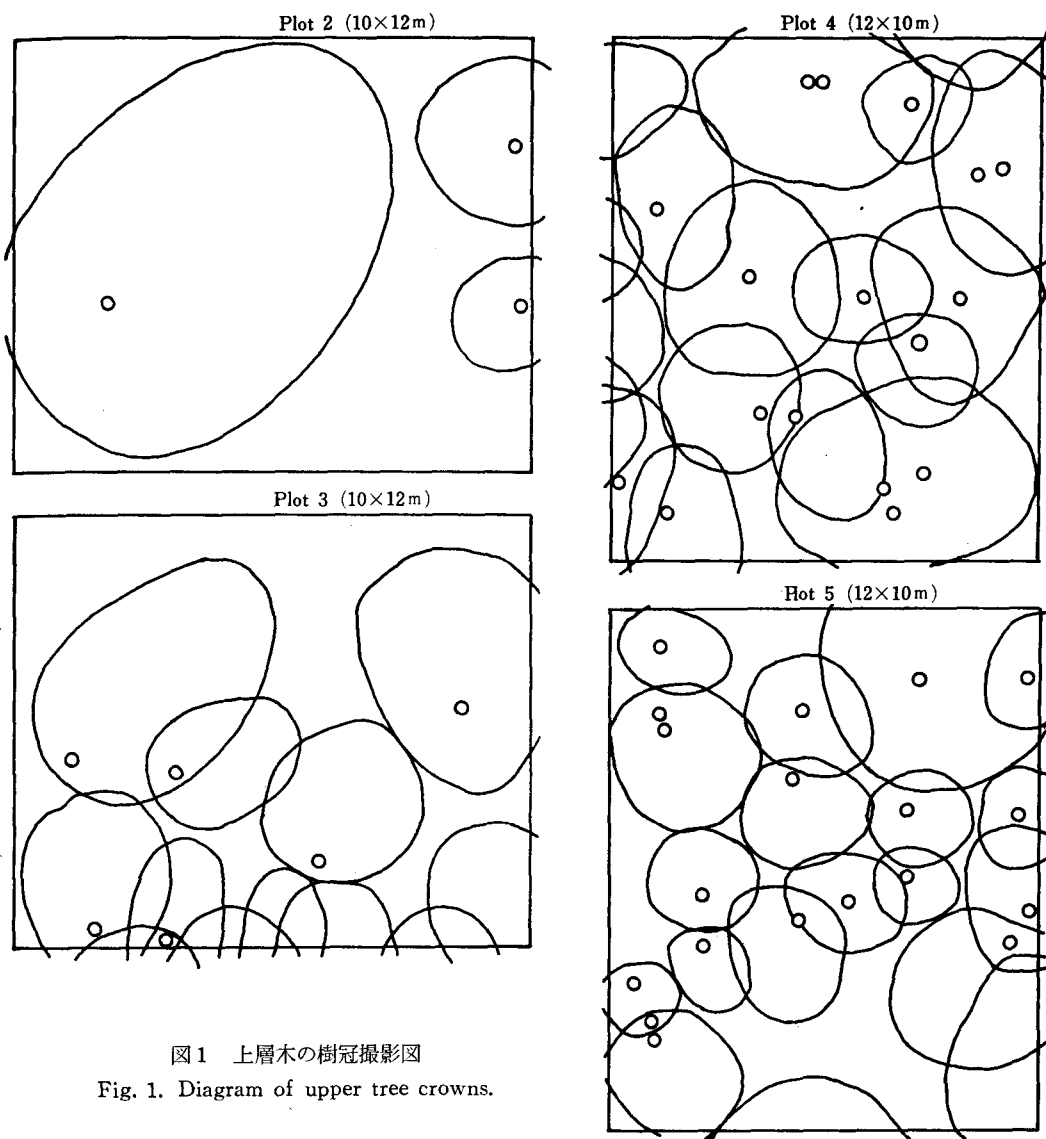


図1 上層木の樹冠撮影図

Fig. 1. Diagram of upper tree crowns.

表1 上層木
Table 1. Upper tree

| Plot | No. of trees/100m ² | Average D. B. H cm | Basal area m ² /100m ² | Relative Light intensity under crowns % of light in open | Shaded area by crowns m ² /100m ² |
|------|--------------------------------|--------------------|--|--|---|
| 1 * | 0 | — | 0 | 100 | 0 |
| 2 | 3 | 26 | 0.14 | 24 | 59 |
| 3 | 5 | 19 | 0.15 | 13 | 75 |
| 4 | 13 | 15 | 0.26 | 7 | 110 |
| 5 | 16 | 14 | 0.26 | 8 | 94 |

* Plot 1 の上層木はスギを植栽した翌年巻枯して枯殺された。

* Upper trees in plot 1 were killed by girdling one year after underplanting.

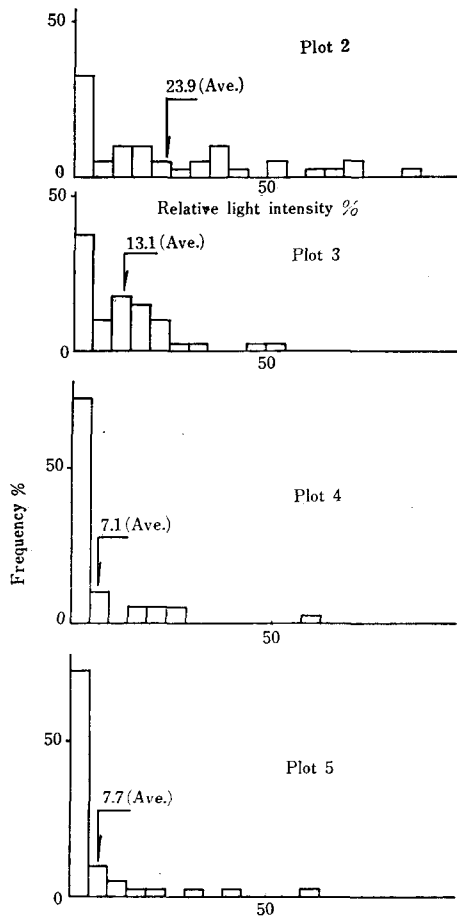


図2 上層木樹冠下の相対照度の頻度分布
Fig. 2. Frequency of relative light intensity under crowns of the upper tree.

表2 樹下植栽されたスギ

Table 2. Underplanted Sugi (*Cryptomeria japonica*)

| Plot | No. of trees / 100m ² | Average diameter at 0.3 m height cm | Average height m | Average dry weight per tree g | | | | | |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|-----------|--|
| | | | | Root * (W _R) | Stem (W _S) | Branch (W _B) | Leaf (W _L) | Total (W) | Weight increment (ΔW) ^{**} / yr |
| 1 | 23 | 6.5 | 4.3 | 1380 | 2080 | 629 | 2130 | 6219 | 2256 |
| 2 | 53 | 2.8 | 2.4 | 230 | 318 | 81 | 407 | 1036 | 340 |
| 3 | 48 | 2.0 | 1.8 | 126 | 168 | 41 | 233 | 568 | 178 |
| 4 | 49 | 1.3 | 1.4 | 48 | 61 | 13 | 93 | 215 | 65 |
| 5 | 33 | 1.5 | 1.5 | 56 | 79 | 18 | 100 | 253 | 76 |

* 根の量はT/R=3.5として地上部重より求めた。

Root weight was estimated with T/R=3.5

** 根、幹、枝の最近1年間の重量生長量は幹材積生長率から推定した；新葉量は葉の現在量の25%とした。

Annual dry weight increment of root, stem and branch for the latest year was estimated with growth rate of stem volume ;net production of leaves was calculated at 25% of leaf weight.

22日11~14時に行なった。測定時は快晴で、裸地の照度は70000~85000 Luxであった。上層木の多いプロット4, 5のスギ樹冠上面の相対照度の頻度分布はL型で、相対照度5%以下が約70%をしめている(図2)。陽班点は少なく、プロット4と5のスギ樹冠上面の状態はほとんど同じであると考えられる。プロット3は相対照度5%以下が約40%, 相対照度10~20%が約30%で陽班点は少ない。プロット2は樹冠投影面積が59%であるため樹冠のすきまを通る陽班点が多いが、相対照度5%以下が約30%もあるため、上層木が少ないにもかかわらず平均相対照度は比較的低いようである。

林内の相対照度は測定の季節、日時や天候によっ

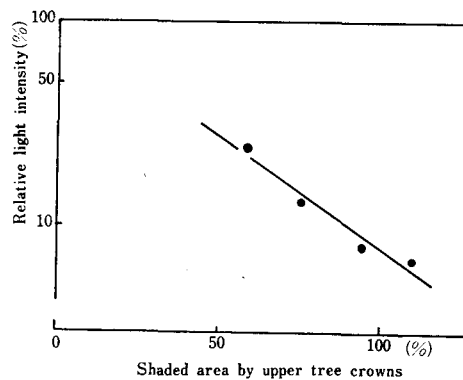


図3 上層木樹冠下の相対照度と樹冠撮影面積

Fig. 3. Relation of shaded area by crowns of the upper tree to relative light intensity under crowns.

て、同じ林内でもその値がかなり異なることが報告されている^{3,4,5)}。ミズナラ林の林内照度の季節変動の調査結果によれば、林床の相対照度は8、9月に最も低い値をしめしている⁶⁾。また林外の照度がより高いほど林内の相対照度が低くなること⁵⁾等から、ここで得た測定結果は、そのプロットの林分の最も低い値に近いものであると考えられる。

スギの樹冠上面の相対照度と上層木の樹冠投影面積の関係は、一般に葉面積や葉重量と相対照度の間で得られる関係と同じように、相対照度が樹冠投影面積の増加に対して指数関数的に減少するようである(図3)。胸高断面積合計と林内の相対照度の関係がスギ⁷⁾等について求められているが、ここでは上層木の胸高断面積合計のプロット間の差が小さいため明らかな傾向はみいだせなかった。

スギについて

スギの測定結果は表2でしめた。プロットごとのスギの立木密度の差が大きいのは、植栽本数に

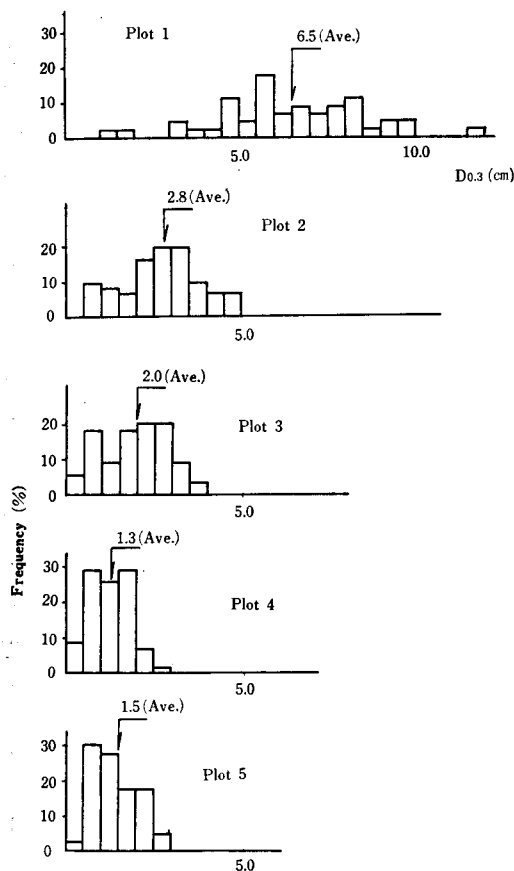


図4 スギの直径の度数分布

Fig. 4. *Cryptomeria japonica*—Frequency distribution of $D_{0.3}$

の分布範囲はせまくなっている。プロット2のスギの直径の最大値は5.0 cmで、この値はプロット1の平均値にも達していない。

直径と樹高の関係は図5のとおりで、プロット1および2の直径の大きいものとのプロット2およびプロット3、4、5とは異なった関係をしめしている。スギの被陰試験によれば、被陰による生長

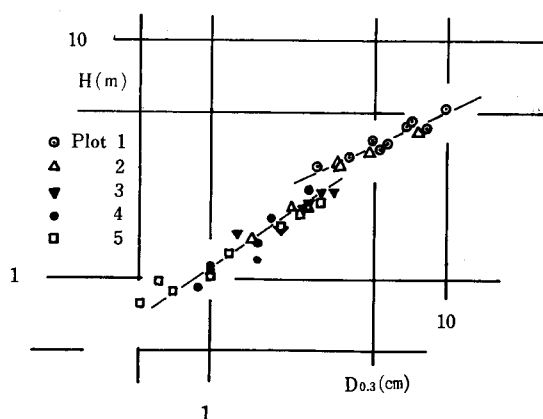


図5 スギの樹高Hと直径(地上0.3m) $D_{0.3}$

Fig. 5. *Cryptomeria japonica*—Relation of tree height to diameter at 0.3 m height.

差があったためか、植栽後の枯損によるものかは明らかではない。上層木のないプロット1のスギの立木密度は2,300本/haで、平均胸高直径4.8 cm、樹高4.3 mである。この試験区に近接した6～7年生の皆伐人工造林されたスギにくらべて大差のない生長をしめしている。しかし皆伐人工造林地の立木密度は3,000～4,000本/haで、プロット1の立木密度はこれにくらべてやや低い。

上層木のないプロット1のスギの直径(地上0.3 mの直径、以下スギについては同様)の分布範囲は非常に広く1.3～12.0 cmである(図4)。上層木の多いプロットほど植栽木の直径

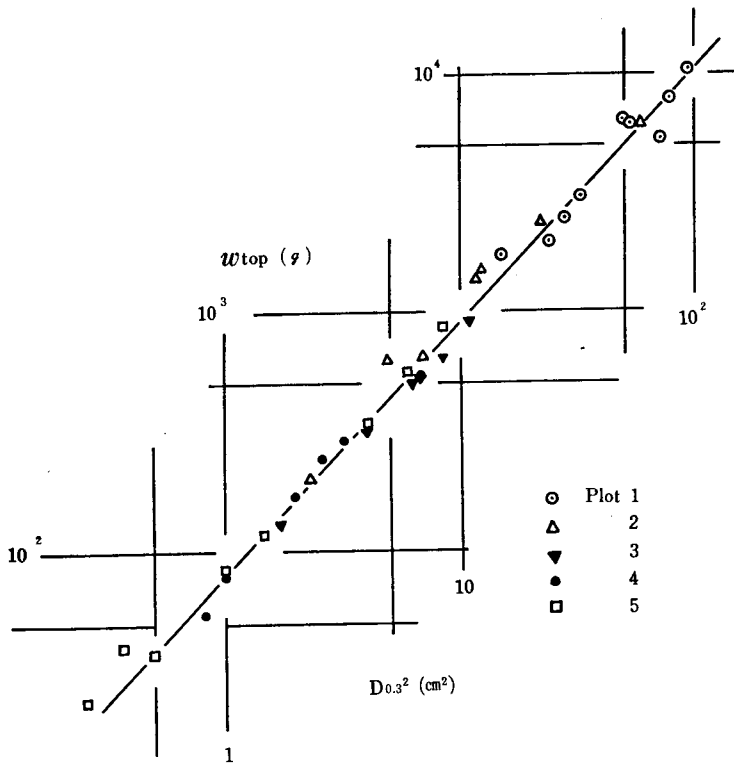


図6 スギの $D_{0.3}^2$ と地上部重 w_{top} の関係

Fig. 6. *Cryptomeria japonica*—Allometric relation between $D_{0.3}^2$ and dry weight of above-ground (w_{top})

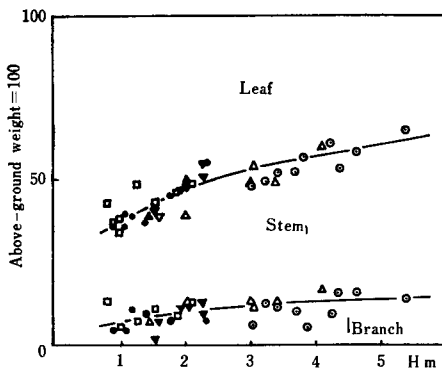


図7 スギの地上部の各部分の重量割合と樹高

Fig. 7. *Cryptomeria japonica*—Percentage of stem, branch and leaf weight to above-ground weight.

○—Plot 1 △—2 ▼—3 ●—4 □—5

の減退は樹高生長よりも直径生長に強くあらわれている⁸⁾。プロット1と2のうちの大きい個体の直径と樹高の関係をあらわす直線の勾配よりも、その他のプロットの個体の関係をあらわす直線の勾配の方が大きいのは、上層木の被陰による植栽木(スギ)の幹の生長の減退が直径生長に、より強くあらわれたためであろう。

$D_{0.3}^2 \sim w_s$, $D_{0.3}^2 \sim w_{top}$, $w_s \sim w_L$ 等の相対生長関係をしらべたが、それぞれの図について1本の直線でその関係が近似出来るようで、一例として $D_{0.3}^2 \sim w_{top}$ を図6で示すが、特にプロットごとに異なった傾向はみられなかった。

地上部の各部分の構成割合と樹高の関係は、プロットに

よる差がはっきりしないで、樹高または個体の大きさによって変化するようである(図7)。小さい個体の枝重のしめる割合が小さいのは、スギでは枝と葉の区別がつきにくいので緑色の部分を葉として測定するが、小さい個体では枝と考えられる部分のほとんどが緑色であるので葉としてとりあつかうためであろう。

被陰下で生育すると幹形や樹体の各部分のしめる割合がかわることが種々の樹種でみとめられているが^{9,10,11)}、本調査のように上層木で被陰された区と上層木のない区の個体の大きさの差が大きいと、幹形にちがいがあっても、それが被陰によるものか、個体の大きさの差によるものかを明らかにすることができない。

樹幹解析によって得た最近1年間の幹材積生長量(ΔV_s)からもとめた幹重量生長量(Δw_s)と葉重量(w_L)との関係は、プロット間に差がみられる(図8)。個体の大きさのせまい範囲内では、幹生長量と葉量に比例関係がなりたつと仮定して図8上の各プロットの個体の分布範囲を勾配1の直線

によってしらべると、プロット1の直径の大きい個体、プロット1の直径の小さい個体とプロット2、およびプロット3、4、5と大きく3つの範囲に分けることが出来る。このように分布の範囲に差があることは単位葉重量あたりの幹生長量に差があることをあらわしている。この調査地に近い天然更新したモミ・ツガ林の生長をしらべた結果もこれと同じように上層木のものと、ないものとの間に差がみとめられた¹²⁾。

樹幹解析によって得た幹の生長率をもとにして、幹と枝は同じ生長率で増加するものとし、さらに T/R 率を $3.5^{13)}$ 、新葉は全葉量の $25\%^{14)}$ として、各資料木の最近1年間の重量生長量 (Δw) を推定してもとめた。この Δw は、ここでは個体の現存量の年間の増加量をあらわす。

単位葉重量あたりの最近1年間の重量生長量 ($\Delta w/w_L$) と樹高の関係をしらべると、樹高が高い個体ほど $\Delta w/w_L$ が大きく、両者の間に比例関係がみられるが、個体のばらつきが大きいため、直線でかこむ範囲でしめた (図9)。この単位葉重量あたりの生長量は葉の能率をあらわすもので、この値は立木密度や林令、生育環境のちがい等によって異なることが知られている。ここでは上層木の多いプロットのスギの葉の能率が悪く、その能率のちがいが樹高の差、または個体の大きさの差になってあらわれているといえるであろう。

各プロットの平均個体重と最近1年間の生長量を毎木調査結果と資料木の相対生長関係から推定した (表2)。これらの値をつかって、植物生長の複利法則をもとにしたイ

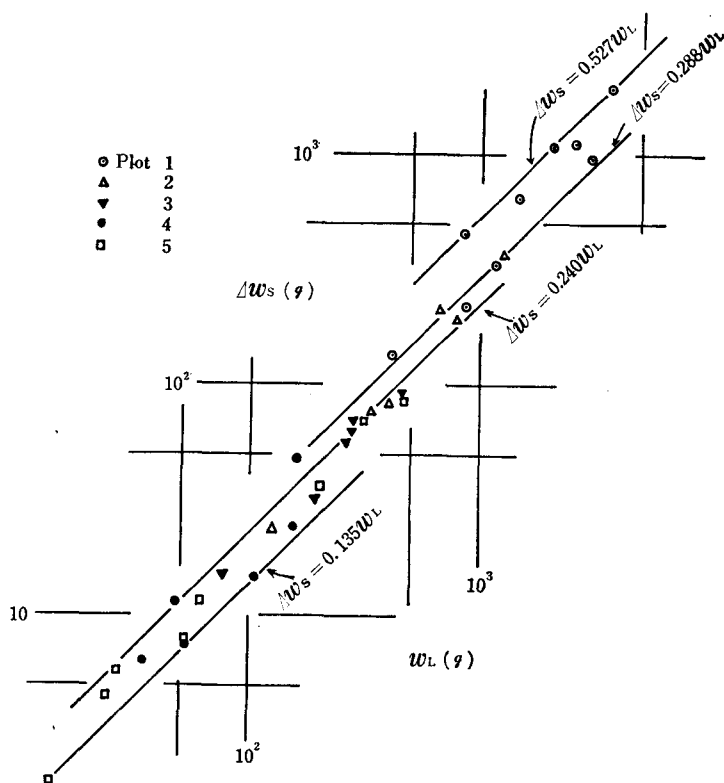


図8 スギの葉量と最近1年間の幹生長量

Fig. 8. *Cryptomeria japonica*—Relation of leaf dry weight (w_L) to annual dry weight increment of stem for the latest year (Δw_s)

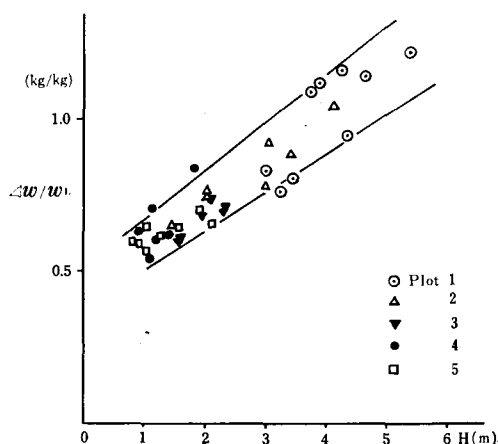


図9 単位葉重量あたりの最近1年間の重量生長量と樹高の関係

Fig. 9. *Cryptomeria japonica*—Relation of tree height (H) to annual dry weight increment per unit leaf dry weight ($\Delta w/w_L$)

表3 スギの生長率(RGR)純同化率(NAR)
葉重量比(LWR)

Table 3. *Cryptomeria japonica* — relative growth rate,
net assimilation rate and leaf weight ratio.

| plot | RGR ¹⁾ kg / kg·yr | NAR ²⁾ kg / kg·yr | LWR ³⁾ kg / kg |
|------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | 0.44 | 1.28 | 0.34 |
| 2 | 0.41 | 1.00 | 0.41 |
| 3 | 0.37 | 0.95 | 0.39 |
| 4 | 0.35 | 0.79 | 0.44 |
| 5 | 0.34 | 0.85 | 0.40 |

$$1) RGR = \frac{\log_e w_2 - \log_e w_1}{t_2 - t_1}$$

$$2) NAR = \frac{\log_e w_{L2} - \log_e w_{L1}}{w_{L2} - w_{L1}} \times \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

$$3) LWR = \frac{\log_e w_2 - \log_e w_1}{w_2 - w_1} \times \frac{w_{L2} - w_{L1}}{\log_e w_{L2} - \log_e w_{L1}}$$

は上木の値の約 % で¹⁶⁾、ここで得た結果もこれと似た傾向をしめしている。日補償点測定法によってしらべられた結果によれば、スギは品種によって光に対する性質がかなり異なることが明らかにされている¹⁷⁾。また、被圧木は優勢木にくらべて生育期間が短いことが報告されている¹⁸⁾ので、今後純同化率と被陰の関係についてより多くの資料を検討することが必要であろう。

葉重量比は個体全重に対し葉重量のしめる割合で、先にのべたので省略する。

プロット3, 4, 5の生長率はプロット1の約 % である。スギの被陰試験によれば相対照度 10~20 % のものの生長率は相対照度100%の値の約 % で⁸⁾ 相対照度をもとに比較すれば、樹下植栽の値より

表4 林床植物量
Table 4. Dry weight of floor
plants.

| Plot | Dry weight of floor plants kg/m ² |
|------|--|
| 1 | 1.30 |
| 2 | 0.56 |
| 3 | 0.71 |
| 4 | 0.28 |
| 5 | 0.21 |

ギリス系の生長解析法¹⁵⁾によって生長率(RGR)をもとめ、さらに純同化率(NAR)と葉重量比(LWR)をもとめた(表3)。

これらの数値をしらべることによって被陰下での樹種による生長のちがいを比較することができる。数種の樹種の被陰試験によれば、純同化率は被陰によって減少するが、その減少の割合と相対照度の関係は樹種によって異なり、また葉面積比は相対照度の減少によって増加する^{8,10,11)}。

プロット1の純同化率は、計算方法が少し異なるが、安藤らが10年生のスギ単層林でしらべた値¹³⁾より高く、2段林の8年生スギ上木で求められた値¹⁶⁾より低い。

上層木の多いプロット4, 5の値は上層木の少ないプロット1の値の約 % である。スギの苗木をつかった被陰試験によれば、相対照度10~20%の葉面積あたりの純同化率は相対照度 100%の値の約 1/3、葉重量あたりの純同化率は 1/2~2/3 である⁸⁾。またスギの2段林でしらべられた下木の純同化率

は上木の値の約 % で¹⁶⁾、ここで得た結果もこれと似た傾向をしめしている。日補償点測定法によってしらべられた結果によれば、スギは品種によって光に対する性質がかなり異なることが明らかにされている¹⁷⁾。また、被圧木は優勢木にくらべて生育期間が短いことが報告されている¹⁸⁾ので、今後純同化率と被陰の関係についてより多くの資料を検討することが必要であろう。

葉重量比は個体全重に対し葉重量のしめる割合で、先にのべたので省略する。

プロット3, 4, 5の生長率はプロット1の約 % である。スギの被陰試験によれば相対照度 10~20 % のものの生長率は相対照度100%の値の約 % で⁸⁾ 相対照度をもとに比較すれば、樹下植栽の値よりも低い。しかし、本調査では、異なった生育条件のもとで長い年数を経ているため個体の差が大ききことや、また被陰ネット内の相対照度と上層木の樹冠下の平均相対照度とは、その数値が同じであっても上層木の樹冠のすきまの量によって樹冠下の相対照度の頻度分布が異なることや、落葉広葉樹林の樹冠下の相対照度は季節によって大きく変動すること等で全く同等に比較することは困難であろう。

プロット1の相対生長法による葉量の推定値は 4.9 t/ha、純生産量(現存量の増加量)は 5.2 t/ha·yr である。両者とも6~10年生の各地のスギについてしらべられた値^{13,19)}よりもかなり低い。これはプロット1の立木密度が低いことが一つの原因であろう。被陰の強いプロット5の葉量は 0.33 t/ha、純生産量は 0.25 t/ha·yr で非常に少ない。

プロット間のスギの立木密度の差が大きいため、各プロット

の平均個体重で比較すると、プロット2の葉量はプロット1の約 $\frac{1}{3}$ 、プロット4、5は $\frac{1}{10}$ 以下である。さらに個体平均重量生長量を比較すると、上層木が多いほど純同化率が小さいためプロット2は1の $\frac{1}{3}$ 以下、プロット4、5では1の $\frac{1}{10}$ 以下である。

林床植物量を参考のために表4に記載した。この量は木本と草本をあわせた値で、草本はどのプロットも全体の4%以下で木本にくらべるときわめて少ない。プロット1はスギの立木密度が低いためにその量が多い。また上層木の多いプロットでは量が少なく、一般にみられるような傾向をしめしている。

$\Delta w = a \cdot w_L - R w_c$ (Δw : 個体の生長量, w_L : 葉量, w_c : 非同化部分量) になりたつものとして、 a (葉の純同化率) や R (非同化部分の呼吸率) をしらべることが試みられている²⁰⁾。先にのべた生長解析の方法にくらべて、この方法は呼吸量を考慮している点が異なる。個体の大きさによって非同化部分の呼吸率が異なることが明らかにされたこと^{21, 22, 23)}等で問題はあがるが、生育条件の異なった個体の生長を比較するには便利である。只木らが5年生のスギの生産力解析²⁴⁾で用いた $R = 0.05 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ を用いて図10から a を求めると、 a は上層木が多くなるほど値が小さくなる。プロット1の値は $0.9 \sim 1.3 \text{ kg/kg} \cdot \text{yr} (\text{t/t} \cdot \text{yr})$ で、各地方のスギでしらべられた値 $0.7 \sim 1.4 \text{ t/t} \cdot \text{yr}$ ^{14), 19)} とほとんど同じである。この値は生育地や立木密度、樹令等でかなり異なるようである。プロット4、5では $0.7 \text{ kg/kg} \cdot \text{yr}$ 以下の個体が多く、葉の純同化率の低いことを示している。プロット1の平均個体重から上記の図上より求めた a は約 $1.1 \text{ kg/kg} \cdot \text{yr}$ で、先に求めたNARにくらべて少し低い値をしめしている。

単位葉重量あたりの幹材積生長量は、葉の幹生産能率とよばれるもので、プロット1の値は $1.01 \text{ l/kg} \cdot \text{yr} (\text{m}^3/\text{t} \cdot \text{yr})$ で、各地のス

ギについて求められた値は $0.5 \sim 1.2 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ ¹³⁾ である。上層木の多いプロット4、5ではプロット1の約 $\frac{1}{2}$ である。スギ2段林でしらべられた8年生の上木の値¹⁶⁾は $2.33 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{yr}$ でプロット1の値の2倍以上であるが、4年生の下木の値は上木の約 $\frac{1}{3}$ で被陰によってその値がかなり減少することを示している。

吉野地方のスギの林令と平均直径および樹高の関係¹³⁾から各プロットの樹高生長を推定すると、平均樹高が5mに達する林令はプロット1が植栽から約10年、2が約25年、3、4、5が30~40年程度である。しかしこの推定は上層木の状態が変らないものとして行なったもので、実際は上層木は年々変化するであろうし、また被圧されたスギの生長と樹令の関係等不明な点が多いため長期間の生長を正確に推定するには更に多くの資料を検討する必要があると考えられた。

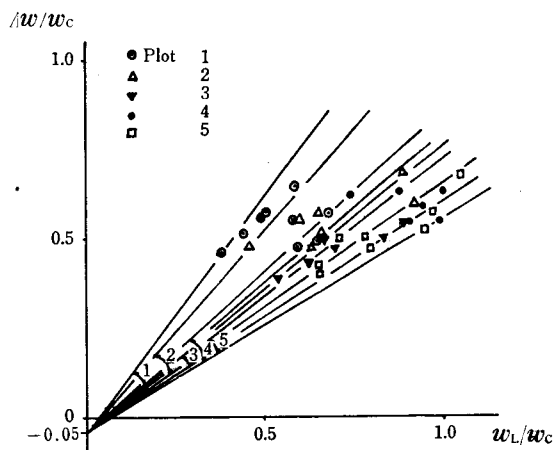


図10 スギの年間の葉の純同化率 (a) と呼吸率 (R) の推定

Fig. 10. *Cryptomeria japonica*—Estimation of annual net-assimilation rate of leaves (a) and respiration rate of non-assimilation parts (R) of sample tree.

a : Plot (1) $0.86 \sim 1.32$, (2) $0.71 \sim 1.13$,
(3) $0.65 \sim 0.81$, (4) $0.60 \sim 0.90$,
(5) $0.60 \sim 0.77$ ($\text{kg/kg} \cdot \text{yr}$)

引用文献

- 1) 坂口勝美 (監): スギのすべて, 全林協, (1969)
- 2) 川那辺三郎・四手井綱英: 樹下植栽したスギの生長について, 77回日林講, 211~212, (1966)
- 3) 安藤 貴: 二段林上木枝打後の下木上部の相対照度の季節変化, 天然林の一次生産力の比較研究班中間報告 (JIBP-PT-F), 47~53, (1970)
- 4) Ovington, J. D. and H. A. I. Madgwick: A Comparison of Light in Different Woodlands, *Forestry*, 28, 141~146, (1955)
- 5) 川那辺三郎・玉井重信・四手井綱英: 林内定点における相対照度の日変化, 森林の一次生産測定法の研究班中間報告 (JIBP-PT-F), 48~52, (1968)
- 6) 玉井重信・川那辺三郎: ミズナラ林の相対照度, 80回日林講, 348, (1969)
- 7) 斉藤秀樹・玉井重信・萩野和彦・四手井綱英: 小径木間伐に関する研究 (Ⅲ) 第1回間伐2年後の林況の変化について, 京大演報, 40, 81~92, (1968)
- 8) 川那辺三郎・四手井綱英: 陽光量と樹木の生育に関する研究 (Ⅲ) 針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響, 京大演報, 40, 111~121, (1968)
- 9) 荒木真之: 庇陰下におけるカラマツ苗の大小差と生長, 日林誌, 51(6), 143~149, (1969)
- 10) 川那辺三郎・四手井綱英: 陽光量と樹木の生育に関する研究 (Ⅰ) 2, 3の落葉広葉樹の庇陰効果について, 日林誌, 47(1), 91~16, (1965)
- 11) 川那辺三郎・四手井綱英: 陽光量と樹木の生育に関する研究 (Ⅱ) カンレンボクの庇陰効果におよぼす密度の影響, 京大演報, 38, 68~75, (1966)
- 12) 古野東洲・川那辺三郎: 和歌山演習林におけるモミ・ツガ林の生産力調査第1報主としてモミ林について, 京大演報, 39, 9~26, (1967)
- 13) 安藤 貴・蜂屋欣二・土井恭次・片岡寛純・加藤善忠・坂口勝美: スギ林の保育形式に関する研究, 林試報, 209, 1~76, (1968)
- 14) 只木良也・尾方信夫・長友安男: 九州スギ林の物質生産力, 林試報, 173, 45~66, (1965)
- 15) 吉良竜夫 (編): 植物生態学(2), 東京古今書院, (1960)
- 16) 安藤 貴・竹内郁雄・斉藤 明・渡辺秀彦: 人工二段林における物質生産量の測定例, 日林誌, 51(4), 102~107, (1969)
- 17) 小川保喜: 日補償点測定法による林木の耐陰性に関する研究, 九大演報, 43, 213~277, (1968)
- 18) Hamilton, G. J.: The Dependence of Volume increment of Individual trees on Dominance, Crown Dimensions, and Competition, *Forestry*, 42 (2), 133~144, (1969)
- 19) 四大学合同調査班: 森林の生産力に関する研究第Ⅲ報スギ人工林の物質生産について, 日林協育技研究会, (1966)
- 20) 四大学合同調査班: 森林の生産力に関する研究第Ⅰ報北海道主要針葉樹林について, (1960)
- 21) Yoda, K., K. Shinozaki, H. Ogawa, K. Hozumi and T. Kira: Estimation of the total amount of respiration in woody organs of trees and forest communities, *J. Biol. Osaka City Univ.*, 16, 15~26, (1965)
- 22) 棚秋一延・蜂屋欣二: アカマツ幼令木の同化および呼吸の季節変化, 日林講, 79, 125~127, (1968)
- 23) 丸山幸平・遠藤 功: 林木の呼吸についてⅡ非同化器官, 新潟大新潟農林研究, 19, (1967)
- 24) Tadaki, Y. and Y. KAWASAKI: Studies on the Production Structure of forest. IX. Primary productivity of a young *Cryptomeria* Plantation with excessively high Stand density *J. Jap. For. Soci.* 48 (2), 55~61, (1966)

Résumé

This investigation was to study the growth and the development of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) underplanted in natural deciduous broadleaved stands dominated by Mizunara (*Quercus crispula* Blume).

Five plots (the area of each plot: 120 to 200 m²) were chosen in a 7- to 8-year-old underplanted Sugi plantation. (Tab.-1) Upper trees in plot 1 were killed by girdling one year after underplanting.

In each plot 6 to 9 underplanted trees were sampled and stems, branches and leaves were weighed separately.

The average dry weight of each part of Sugi was estimated with allometric relations set up by sample trees. (Tab. 2)

The results are as follows :

1. The relative light intensity under crowns of the upper tree decreases as the area shaded by crowns increases and the trend is logarithmic. (Fig. 3)
2. The annual dry weight increment of Sugi per unit leaf weight was closely related to height growth of Sugi. (Fig. 9)
3. The annual stem volume increment per unit leaf weight of Sugi in plot 1 was 1.01l/kg·yr. This value decreased as the basal area of the upper tree increased and the value in plot 5 was about two fifths of the value in plot 1.
4. The net-assimilation rate of Sugi in plot 4 and 5 was about two thirds of the value in plot 1. (Tab. 3) It seems that the decrease of the relative growth ratio of Sugi in deep shade is affected mainly by the decrease of the net-assimilation rate.
5. The estimated total leaf dry weight and dry weight increment (net-production) for the latest year of Sugi in plot 1 are 4.9 ton/ha and 5.2 t/ha while in deep shade such as in plot 5 these values are 0.33 ton/ha and 0.25 ton/ha respectively.